

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-74733

(43) 公開日 平成9年(1997) 3月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 K 41/03

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 2 K 41/03

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-169951

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月28日

(31) 優先権主張番号 特願平7-162241

(32) 優先日 平7(1995) 6月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 佐藤 健二

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 井上 正哉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

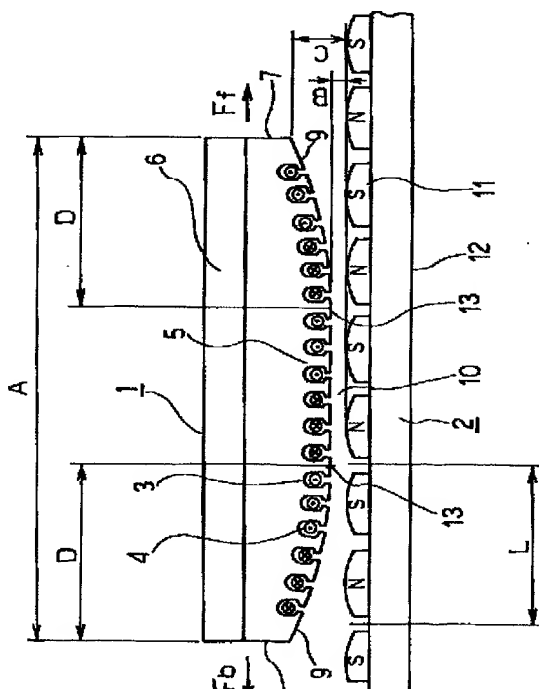
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 リニアモータ

(57) 【要約】

【課題】 リニアモータの1次側磁極鉄心の移動方向両端と2次側永久磁石との間で作用するディテント力（引き留め力）によって生じる推力リップルを低減する。

【解決手段】 1次側磁極鉄心1の移動方向の前端7と後端8側とに対象な湾曲部9を形成して1次側磁極鉄心1の移動方向の前後端7, 8と2次側永久磁石2とにわたる磁束分布密度を正弦波状とし、2次側永久磁石2のN極とS極の1対の移動方向長さをLとし、1次側磁極鉄心1の移動方向長さをAとしたとき、Aの値を  $(n + 1/3 + \alpha) \times L$  または  $(n + 5/6 + \alpha) \times L$  ( $n$  は正の整数、 $\alpha$  は  $1/6 \sim 1/3$ ) として、1次側磁極鉄心1の前後端7, 8に作用する移動方向成分  $F_f$  と  $F_b$  とを相殺して推力リップルを減少させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動方向に磁石のN極とS極が交互に配置された2次側永久磁石と、この2次側永久磁石と空間を介して配置され、上記2次側永久磁石側にコイルを巻回したスロットを複数形成した磁極部を有する1次側磁極鉄心を備えたリニアモータにおいて、上記N極とS極の1対の移動方向長さをLとし、上記空間の寸法をBとし、上記磁極部の移動方向の両端部における上記2次側永久磁石との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように上記磁極部に湾曲部を形成し、上記空間の寸法が上記間隔側へ増大し始める位置とこの位置から移動方向における端部までの距離をDとすると、

$$0.5 \times L \leq C \leq 0.1 \times L$$

$$D \geq L$$

としたことを特徴とするリニアモータ。

【請求項2】 移動方向に磁石のN極とS極が交互に配置された2次側永久磁石と、この2次側永久磁石と空間を介して配置され、上記2次側永久磁石側にコイルを巻回したスロットを複数形成した磁極部を有する1次側磁極鉄心を備えたリニアモータにおいて、1次側磁極鉄心の移動方向長さをAとし、上記2次側永久磁石N極とS極の1対の移動方向長さをLとしたとき、Aの長さがほぼ  $(n+1/3) \times L$  または  $(n+5/6) \times L$  (nは正の整数)であることを特徴とするリニアモータ。

【請求項3】 移動方向に磁石のN極とS極が交互に配置された2次側永久磁石と、この2次側永久磁石と空間を介して配置され、上記2次側永久磁石側にコイルを巻回したスロットを複数形成した磁極部を有する1次側磁極鉄心を備えたリニアモータにおいて、上記N極とS極の1対の移動方向長さをLとし、上記空間の寸法をBとし、上記磁極部の移動方向の両端部における上記2次側永久磁石との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように上記磁極部に湾曲部を形成し、上記空間の寸法が上記間隔側へ増大し始める位置とこの位置から移動方向における端部までの距離をDとすると、 $L \geq D \geq 1/2 L$  とし、かつ、上記1次側磁極鉄心の移動方向長さが  $(n+1/3+\alpha) \times L$  または  $(n+5/6+\alpha) \times L$  (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ  $1/6 \sim 1/3$ )であることを特徴とするリニアモータ。

【請求項4】  $L \geq D \geq 1/2 L$  とし、かつ、1次側磁極鉄心の移動方向長さが  $(n+1/3+\alpha) \times L$  または  $(n+5/6+\alpha) \times L$  (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ  $1/6 \sim 1/3$ )であることを特徴とする請求項1記載のリニアモータ。

【請求項5】 湾曲部は、スロットを複数形成する磁極部とは別体として構成されかつ、積層された磁性体により構成されていることを特徴とする請求項1、3、4記載のリニアモータ。

【請求項6】 湾曲部の根本には2次側永久磁石とのす

して傾斜したスキューを構成することを特徴とする請求項5記載のリニアモータ。

【請求項7】 スロットを複数形成する磁極部を構成する鉄心片と、湾曲部を構成する鉄心片とが積層方向においてかみ合って連結されることを特徴とする請求項5記載のリニアモータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、リニアモータに関し、特に1次側磁極鉄心と2次側永久磁石との磁気吸引力により発生する推力リップルを軽減したのに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

## 従来例1

従来、リニアモータの1次側磁極鉄心と2次側永久磁石との推力リップルを軽減するものには、例えば、推力リップルの周期が $\tau$ である時に、リニアモータの1次側磁極鉄心を2台使用し、2台を移動方向に $\tau/2$ ずらせて配置することにより、1次側磁極鉄心に生じる推力リップルの位相をずらせて減少させるものが知られている(特開平3-285555号)。

## 【0003】従来例2

また、リニアモータの電機子鉄心の両端部に、直線状あるいは平面状の別体の傾斜部を設けて、電機子鉄心の両端部に発生する電磁力の差としての推進力の変動分を減少させようとするものも知られている(例えば特開平4-281359号公報、特開昭62-16060号公報等)。

## 【0004】従来例3

また、実開平4-54481号公報のものでは、リニアモータの1次側(巻線側)鉄心の両端部の磁気吸引力がほぼ正弦波状で、かつ両端の磁気吸引力を相殺するべく、1次側鉄心長さを  $(2m-1) \tau/2$  (ただしmは正の整数、 $\tau$ は極ピッチ)としたものが開示されている。

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来例1のものでは、リニアモータの1次側磁極鉄心を2台も使用しなければならぬ問題があり、しかも現実には発生する推力リップルは非常に歪んだ波形となるため、推力リップルを十分に相殺しきれず、周期が高次化して残ってしまうという問題がある。

【0005】また、従来例2のものでは、電機子鉄心の両端部に設けた別体の傾斜部を形成する点の記載があるが、どのような傾斜とすれば移動体の移動を滑らかにできるかについては、より具体性に欠けるという問題がある。

【0006】また、従来例3のものでは、実際に1次側磁極鉄心の両端部それぞれの磁気吸引力が最大となる位

め1次側磁極鉄心両端部の磁気吸引力が最大となる位相がずれてしまい、実際には両端部の磁気吸引力を確実に相殺することができない問題があった。

【0007】この発明はこのような従来の課題を解決するためになされたもので、リニアモータの1次側磁極鉄心は1台で済み、これらの従来例のものよりも、さらに推力リップルを低減できる実用的なリニアモータを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明では、移動方向に磁石のN極とS極が交互に配置された2次側永久磁石と、この2次側永久磁石と空間を介して配置され、上記2次側永久磁石側にコイルを巻回したスロットを複数形成した磁極部を有する1次側磁極鉄心を備えたりニアモータにおいて、上記N極とS極の1対の移動方向長さをLとし、上記空間の寸法をBとし、上記磁極部の移動方向の両端部における上記2次側永久磁石との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように上記磁極部に湾曲部を形成し、上記空間の寸法が上記間隔側へ増大し始める位置とこの位置から移動方向における端部までの距離をDとすると、

$$0.5 \times L \geq C \geq 0.1 \times L \\ D \geq L$$

としたことを特徴とするものである。

【0009】請求項2に係る発明では、移動方向に磁石のN極とS極が交互に配置された2次側永久磁石と、この2次側永久磁石と空間を介して配置され、上記2次側永久磁石側にコイルを巻回したスロットを複数形成した磁極部を有する1次側磁極鉄心を備えたりニアモータにおいて、1次側磁極鉄心の移動方向長さをAとし、上記2次側永久磁石N極とS極の1対の移動方向長さをLとしたとき、Aの長さがほぼ $(n+1/3) \times L$ または $(n+5/6) \times L$  (nは正の整数)であることを特徴とする。

【0010】請求項3に係る発明では、移動方向に磁石のN極とS極が交互に配置された2次側永久磁石と、この2次側永久磁石と空間を介して配置され、上記2次側永久磁石側にコイルを巻回したスロットを複数形成した磁極部を有する1次側磁極鉄心を備えたりニアモータにおいて、上記N極とS極の1対の移動方向長さをLとし、上記空間の寸法をBとし、上記磁極部の移動方向の両端部における上記2次側永久磁石との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように上記磁極部に湾曲部を形成し、上記空間の寸法が上記間隔側へ増大し始める位置とこの位置から移動方向における端部までの距離をDとすると、 $L \geq D \geq 1/2 L$ とし、かつ、上記1次側磁極鉄心の移動方向長さが $(n+1/3+\alpha) \times L$ または $(n+5/6+\alpha) \times L$  (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ $1/6 \sim 1/3$ )であることを特徴とする。

Lとし、かつ、1次側磁極鉄心の移動方向長さが $(n+1/3+\alpha) \times L$ または $(n+5/6+\alpha) \times L$  (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ $1/6 \sim 1/3$ )であることを特徴とする。

【0012】請求項5に係る発明では、湾曲部は、スロットを複数形成する磁極部とは別体として構成されかつ、積層された磁性体により構成されていることを特徴とする。

【0013】請求項6に係る発明では、湾曲部の根本には2次側永久磁石との寸法が変化しない区間を設けかつ先端側には移動方向に対して傾斜したスキューを構成することを特徴とする。

【0014】請求項7に係る発明では、スロットを複数形成する磁極部を構成する鉄心片と、湾曲部を構成する鉄心片とが積層方向においてかみ合って連結されることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】以下この発明の各実施の形態を図を用いて説明するが、各例において同一の符号で示したものは同一または相当する部材を表している。

実施の形態1. 図1はこの実施の形態を示す側面図、図2はその要部を拡大した側面図であり、図において1はリニアモータの1次側磁極鉄心であり、2次側永久磁石2に対して空間10を介して対向している。1次側磁極鉄心1の2次側永久磁石2に対向する側には、公知の如く均等に配置された多数のスロット3にコイル4が巻回された磁極部5が形成され、磁極部5はフレーム6に形成されている。磁極部5の移動方向の前端7側及び後端8側には対称な湾曲部9それぞれ形成してある。Aは1次側磁極鉄心1の移動方向長さ(全長寸法)である。

【0016】2次側永久磁石2には、1次側磁極鉄心1の移動方向にN極とS極とを交互にほぼ均等間隔に配置しており、各永久磁石11はヨーク12に固定され、図には、N極とS極の1対の移動方向長さ(極対距離)をLで示してある。すなわち、LはS極とN極との中間位置から、移動方向における次のS極とN極との中間位置までの寸法である。

【0017】本例では、磁極部5の両端7、8と各永久磁石11との磁気吸引力が、1次側磁極鉄心1の移動方向にみるとほぼ正弦波状ないしは疑似正弦波状とするために、磁極部5の両端7、8に湾曲部9を形成してある。すなわち公知の通電方法によって磁極部5に作用させると、磁極部5の中央では矩形波の磁束密度が得られるが、磁極部5の両側ほど永久磁石11から離反するように湾曲するため、両端7、8に作用する成分は滑らかな正弦波状となる。

【0018】Bは、1次側磁極鉄心1の最も2次側永久磁石2に接近する磁極部5と永久磁石11との空間10の寸法である(以下空間10は空間Bとする)。Cは、

5

石2との間隔である。BとCとの寸法関係は、 $C > B$ としてあり、BからCへかけての磁極部5の面は湾曲面9としてあり、実施例1の湾曲面9と同じ目的をもっている。また、空間Bが間隔C側へ増大し始める位置13とこの位置13から移動方向における各端7、8までの距離をDとしてある。

【0019】本例では距離Dと極対寸法Lの関係を $D \geq L$ としてある。その理由は、図3に示すように、 $D/L$ 値が1以上であると、つまりDの値がLのほぼ1倍以上である場合の推力リップルの値がほぼ一定してきわめて小さくなるためである。但し、若干距離Dの値が極対寸法Lよりも小さくなくても、実質的に $D \geq L$ と効果の点で変わらない範囲があり、よってこの範囲についても実質的には「ほぼ $D \geq L$ 」であると解釈される。

【0020】また、間隔Cと極対寸法Lとの関係は $0.5 \times L \leq C \leq 0.1 \times L$ とし、すなわち、 $C/L$ の値を0.1~0.5の範囲としている。これは、図4に示すように、この0.1~0.5の範囲が最も推力リップルの値が低くなるからであり、最も効率のよい値としては0.3程度であることが理解される。その他、14は電磁鋼板であり、1次側磁極鉄心1に使用される電磁鋼板とは別体の電磁鋼板を1次側磁極鉄心1の前端7、後端8に固着してあり、別材料を使用することにより、用途毎に移動方向長さAを容易に変更できるようにしたものである。

【0021】上記のような構成のリニアモータでは、永久磁石11と1次側磁極鉄心1との空間10の寸法をBとし、磁極部5の移動方向の両端部7、8における2次側永久磁石2との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように磁極部5に湾曲面9を形成したため、2次側永久磁石2から磁極部5の前後端7、8へは磁束が流れずらく、吸引力も作用し辛くなり、従来のものよりも大幅に推力リップルを減少させることができ、しかも、2次側永久磁石2のN極とS極の1対の移動方向長さを極対距離Lとし、空間Bが間隔Cへ増大し始める位置13とこの位置13から移動方向における各端7、8までの距離をDとすると、 $0.5 \times L \leq C \leq 0.1 \times L$ かつ $D \geq L$ としたため、1次側磁極鉄心1の移動方向における湾曲面9の大きさが無駄なく適切にでき、2次側永久磁石2と1次側磁極鉄心1との間隔C等を適切に設計することができ、実用的なリニアモータを提供できる。

【0022】実施の形態2。図5はこの実施の形態を示す説明図であり、磁極部5の両端7、8に発生する磁束密度と磁極部5の移動とを関係させて示してある。磁極部5が各永久磁石11上を移動すれば、前端7に作用する成分Ffと、後端8に作用するFbは図の実線のような波形となり、合成されたFf+Fb(破線)は大きくなってしまふ。これはFfとFbの位相が同期しているためである。よっていずれかの成分が極対距離Lの1/

6

れ、両成分は理論上打ち消し合い、推力リップルを激減させる。

【0023】ところで、この磁気吸引力の波長(1周期の長さ)は幾何学的対照性から0.5Lであることは自明であるが、実際に2次側永久磁石2の位置と1次側鉄心端面7、8の相対位置関係が明確でなく、磁氣的に有効に作用する長さ幾何学的な長さの位置関係が把握されていなかったために、磁気吸引力を相殺する鉄心長さAの値が必ずしも最適値とはならなかった。すなわち、上記従来例3のものでは、1次側磁極鉄心1の幾何学的な長さAと、極対距離tとの関係を、 $A = (2m-1)t/2$ (但しmは正の整数)とすることが最適値であるとしていた。

【0024】しかし2次側永久磁石2の位置と端面7、8との相対位置関係を把握するためには、きわめて困難を伴う実測を正確に行うか、コンピュータによる磁界解析などが必要である。つまり、実測を行う場合、永久磁石11の着磁条件に左右され、磁気吸引力の正確な測定は極めて困難であり、また、磁界解析により磁気吸引力を求めると、着磁ばらつきなどに影響されることはないが、大量かつ高精度な解析が必要で、一般にはきわめて困難な作業となる。

【0025】図6は実際のコンピュータによる高精度な磁界解析により磁気吸引力を実際にもとめた例である。上記従来例3において1次側磁極鉄心の幾何学的な長さAの最適値として135mmとした場合(極対距離t=60mmかつ、m=2で設定)の1次側磁極鉄心の前端7と後端8にそれぞれ現れる吸引力を線Pf、Pbで示してあり、その値をL/12だけ延長し140mmとした本件のものをそれぞれQf、Qbで示し、さらに、従来例3の1次側磁極鉄心全体に働く磁気吸引力をPで、本件のものをQとし、比較した。

【0026】図3から明らかなとおり、従来例3のものでは、1次側磁極鉄心の前端と後端に働く磁気吸引力は移動方向においてずれているのに対して本件のものでは、ほぼ対称な磁気吸引力が現れるため、推力リップルが激減することが理解される。つまり、従来例3のものでは磁氣的な有効長が幾何学的な長さよりも短いことが考慮されていないため、1次側磁極鉄心の前端と後端に働く吸引力にずれが生じ、推力リップルはより大きくなってしまふものである。

【0027】本例の場合、鉄心全長Aの値を140mmに変更して磁気吸引力のピーク位相を一致させているが、これは従来例3の値よりL/12だけ長くした値によって求めることができ、ほぼ $(n+1/3) \times L$ または $(n+5/6) \times L$ (nは正の整数)とすることにより求めることができる。従って本例によれば、1次側磁極鉄心の移動方向長さAをほぼ $(n+1/3) \times L$ または $(n+5/6) \times L$ (nは正の整数)とすることによ

を十分に相殺することができ、推力リップルをより低減させることができる。

【0028】なお、上記寸法が実用上好ましいが、磁気的な有効長を補正する値 $L/12$ は永久磁石11と1次\*

$$(n+19/60)L \geq A \geq (n+7/20)L$$

$$(n+49/60)L \geq A \geq (n+17/20)L \quad (1)$$

程度で最適値は変化するが、(1)式の最適値から、さらにAがLの5%程度の範囲で増減しても、有効な効果がある。

【0029】実施の形態3。実施の形態1のものでは、1次側磁極鉄心1の進行方向の両端7、8側に湾曲部9を設けることで磁気吸引力を減少させたものを示したが、この場合には、湾曲部9での磁気的な実効長さが短くなり、両端7、8の磁気吸引力のピーク位相がずれることがあることは既に述べた。本例では、1次側磁極鉄心1の移動方向長さAを200mmとし、空間10の寸法B、間隔Cの値を種々変化させた場合に1次側磁極鉄心1の両端7、8にそれぞれ働く磁気吸引力を分離して求めた磁界解析結果を図7に示してある。

【0030】図7より、1次側磁極鉄心1の両端7、8側に湾曲部9を形成し、両端7、8の磁気吸引力が有為に低減する範囲とすると、そのピーク位相が $L/6 \sim L/3$ 程度ずれることが理解される。このため、両端7、8の磁気吸引力が打ち消し合う位相とするためには、位相がずれる分だけずらす(請求項1記載の発明のものよりも長くする)必要があるが、本例ではその値を、

$$(n+1/3+\alpha) \times L \text{ または } (n+5/6+\alpha) \times L$$

(nは正の整数、 $\alpha$ は $1/6 \sim 1/3$ )とし、補正值 $\alpha$ を加えている。この補正值 $\alpha$ を加えることで、湾曲部9の移動方向の長さが $L \geq D \geq 1/2 L$ 程度の小さい値でも磁気吸引力を低減でき、推力リップルを大幅に低減できる。

【0031】なお、本例に係る各値を採用した3例を図8にそれぞれS、T、Uの線で示す。線Sは1次側磁極鉄心1の移動方向長さA=200mm、n=3、L=60mmとし、湾曲部9を形成しないものとした。線Tは1次側磁極鉄心1の移動方向長さA=200mm、n=3、D=30mm、C=10.5mm、L=60mmとし、湾曲部9を形成したものとした。線Uは1次側磁極鉄心1の移動方向長さA=215mm、n=3、D=30mm、C=10.5mm、L=60mmとし、湾曲部9を形成したものとし、さらに本例の補正值を $\alpha=1/4$ とした。

【0032】図7、8から、補正值 $\alpha$ を加えずに湾曲部9を設けた場合は、前後端7、8それぞれの磁気吸引力は低下するものの、磁気的に有効な長さが短くなり、磁気吸引力のピーク位相が相殺される効果が少なくなる場合があるが、補正值 $\alpha$ を加え1次側磁極鉄心の移動方向長さを215mmとした線Uのものでは、効果的に磁気

\*側磁極鉄心間の距離、磁気飽和等の諸条件によって、現実には $L/15 \sim L/10$ 程度の範囲で変化するものと判った。つまり、

※た、湾曲部9の寸法Dが $L/2$ と1極分程度と短くて済むことから、1次側磁極鉄心1の長さを増大させることなく最小限に保ったまま、磁気吸引力を低減でき、推力リップルの小さなリニアモータとすることができる。

【0033】また、図7、8の磁界解析結果は、各永久磁石11の着磁ばらつきがない場合の理論的結果であり、現実には若干の着磁ばらつきがあることから、前後端7、8の磁気吸引力が異なり、推力リップルを生じるが、D、Cの値を大きくとるほど前後端7、8それぞれに働く磁気吸引力は低減されることから、磁気吸引力の増大は小さく抑えられる。よって着磁ばらつきが大きい場合には本例の補正值 $\alpha$ を設けることが相殺効果を得る上できわめて効果的である。

【0034】図9は図8で示した線S、T、U及び他の例も含めてまとめた説明図である。図から、1次側磁極鉄心1両端7、8の磁気吸引力の低減効果と小型化の効果を両立させる範囲として、本例によるものが最も好ましいことが理解される。なお、図9においてカ及びクで示される例は、実施の形態1のものにおいて、 $L \geq D \geq 1/2 L$ とし、かつ、1次側磁極鉄心の移動方向長さが $(n+1/3+\alpha) \times L$ または $(n+5/6+\alpha) \times L$ (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ $1/6 \sim 1/3$ )としたものであり、補正值 $\alpha$ を加えて若干長くすることにより、より推力リップルを低減することができる。

【0035】実施の形態4。図2において湾曲部9を構成する電磁鋼板14を図示したが、1次側磁極鉄心1の磁極部5を構成する部材とは別体で積層されて構成される電磁鋼板14により湾曲部9を構成することにより、1次側磁極鉄心1がワンピース構成からなる場合の湾曲部9に比較して、渦電流が生じて鉄損となることを防止することができ好ましい。

【0036】実施の形態5。図10は本例の示す斜視図であり(スロット及びコイルは省略してある)、図11はその平面図、図12は電磁鋼板14の側面図であり、区間Wの寸法を変更したものを4つ示したものである。本例では、実施の形態4のものにおいて、電磁鋼板14における湾曲部9の根本7a、8bに2次側永久磁石11との寸法が変化しない区間Wを設けかつ各先端側には移動方向に対して傾斜したスキュー16を構成したものである。

【0037】本例によれば、磁極部5の延長として区間Wが構成されることにより、この区間Wを適宜変更することにより磁極部5の長さを実際に利用する場合毎に寸

汎用性を持たせることができ、また、移動方向に対して傾斜したスキュー16を備えることにより電磁鋼板14の積層方向を斜めにしたりする必要もなくすることができ、リニアモータを量産する場合に有効となる。

【0038】実施の形態6. 図13は本例に係る1次側磁極鉄心1を構成する各鉄心片の側面図を示す。磁極部5を構成する鉄心片には短鉄心片5aと長鉄心片5bを用意し、これらは1枚毎に交互に積層されるようにしてある。強度等を考慮すると、短鉄心片5aは長鉄心片5bの長手方向に対してほぼ中央に位置するように位置決めされることが好ましい。また同様に電磁鋼板14の鉄心片も短鉄心片14aと長鉄心片14bを用意し、1枚毎に積層されるようにしてある。各鉄心片5a、5b、14a、14bにはかしめ用の穴17がそれぞれ形成され、組み立て時にはこの穴17にリベットを貫通させるようにする。

【0039】図14は各鉄心片をかしめる場合を説明する図であり、かしめは矢印の方向にリベットを穴17に貫通させて行く。この際、長鉄心片14aは長鉄心片5bに挟まれるように配置し、磁極部5を構成する鉄心片5a、5bと湾曲部9を構成する鉄心片14a、14bとがかみ合って連結されるように構成する。なお、磁極部5と電磁鋼板14とをそれぞれ1塊に固定した後にそれぞれを連結させるようにすれば、接続作業が容易となるが、かしめ作業をどのタイミングでおこなうかは適宜決定すればよい。

【0040】本例によれば、電磁鋼板14と磁極部5との連結作業を行う際、磁極部5の長鉄心片5b、5b間に電磁鋼板14の長鉄心片14aが挟まれ、長鉄心5bと長鉄心14aとが積層方向において重なり、この重なり部分において連結され得るため、両者の接続作業を容易に行うことができ、また、この重なり部分においてリベット等の接続手段を用いれば、磁極部5と電磁鋼板14との接続を強固にすることができる。

#### 【0041】

【発明の効果】請求項1に係る発明では、2次側永久磁石と1次側磁極鉄心との空間の寸法をBとし、磁極部の移動方向の両端部における2次側永久磁石との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように磁極部に湾曲部を形成したため、2次側永久磁石から磁極部の前後端へは磁束が流れずらくなり、従来のものよりも大幅に推力リップルを減少させることができ、しかも、2次側永久磁石のN極とS極の1対の移動方向長さをLとし、空間が間隔へ増大し始める位置とこの位置から移動方向における端部までの距離をDとすると、 $0.5 \times L \leq C \leq 0.1 \times L$ かつ $D \geq L$ としたため、1次側磁極鉄心の移動方向における湾曲部の大きさが無駄なく適切にでき、2次側永久磁石と1次側磁極鉄心との間隔や各構成の寸法等を適切に設計することができる実用的なリニアモータを

【0042】請求項2に係る発明では、1次側磁極鉄心の移動方向長さをAとし、上記2次側永久磁石N極とS極の1対の移動方向長さをLとしたとき、Aの長さがほぼ $(n+1/3) \times L$ または $(n+5/6) \times L$  (nは正の整数)としたため、1次側磁極鉄心両端に生じる磁気吸引力のピークをほぼ一致させることができ、湾曲部を設けない場合であっても、推力リップルを低減できる効果がある。

【0043】請求項3に係る発明では、2次側永久磁石のN極とS極の1対の移動方向長さをLとし、空間の寸法をBとし、磁極部の移動方向の両端部における上記2次側永久磁石との間隔の寸法をCとすると、 $C > B$ となるように磁極部に湾曲部を形成し、空間の寸法が上記間隔側へ増大し始める位置とこの位置から移動方向における端部までの距離をDとすると、 $L \geq D \geq 1/2 L$ とし、かつ、上記1次側磁極鉄心の移動方向長さが $(n+1/3+\alpha) \times L$ または $(n+5/6+\alpha) \times L$  (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ $1/6 \sim 1/3$ )としたため、移動方向における湾曲部長さが短くできリニアモータ自体を小さくしかつ補正值により磁気的有效長の短くなった分を補うことができ、2次側永久磁石から1次側磁極鉄心の移動方向の前後端へ磁束がながれずらくなり、推力リップルを減少させることができる効果がある。

【0044】請求項4に係る発明では、請求項1のものに加え、 $L \geq D \geq 1/2 L$ とし、かつ、1次側磁極鉄心の移動方向長さが $(n+1/3+\alpha) \times L$ または $(n+5/6+\alpha) \times L$  (nは正の整数、 $\alpha$ はほぼ $1/6 \sim 1/3$ )としたため、補正值により磁気的有效長の短くなった分を補うことができ、2次側永久磁石から1次側磁極鉄心の移動方向の前後端へ磁束がながれずらくなり、推力リップルを減少させることができる効果がある。

【0045】請求項5に係る発明では、1次側磁極鉄心がワンピース構成からなる場合の湾曲部に比較して、渦電流が生じて鉄損となることを防止することができる効果を有する。

【0046】請求項6に係る発明では、湾曲部は、スロットを複数形成する磁極部とは別体として構成されかつ、積層された磁性体により構成されているため、磁極部の延長として機能する区間を湾曲部に設ければ、この区間を適宜変更することにより磁極部の長さを実際に利用する場合毎に寸法を変える必要をなくし、磁極部の適応範囲を拡大し汎用性を持たせることができ、また、移動方向に対して傾斜したスキューを備えることにより電磁鋼板の積層方向を斜めにしたりする必要もなくすることができ、リニアモータを量産する場合に有効となる効果がある。

【0047】請求項7に係る発明では、スロットを複数形成する磁極部を構成する鉄心片と、湾曲部を構成する鉄心片とが積層方向においてかみ合って連結されるか

11

を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1を示す側面図である。

【図2】 この発明の実施の形態1を示す要部を拡大した側面図である。

【図3】 この発明の実施の形態1に係る推力リップルの特性図である。

【図4】 実施の形態1に係るリニアモータの特性を理解するための説明図である。

【図5】 実施の形態2を示す説明図である

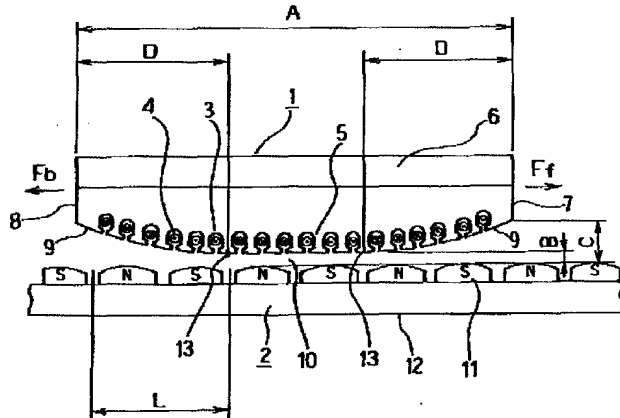
【図6】 この発明の実施の形態2に係る推力リップルの特性図である。

【図7】 この発明の実施の形態3に係る推力リップルの低減の効果を示す特性図である。

【図8】 この発明の実施の形態3に係る推力リップルの低減の効果を示す特性図である。

【図9】 図8で示した線S、T、U及び他の例も含めてまとめた説明図である。

【図1】



12

【図10】 この発明の実施の形態5に係る斜視図である。

【図11】 この発明の実施の形態5に係る平面図である。

【図12】 この発明の実施の形態5に係る電磁鋼板の部分側面図である。

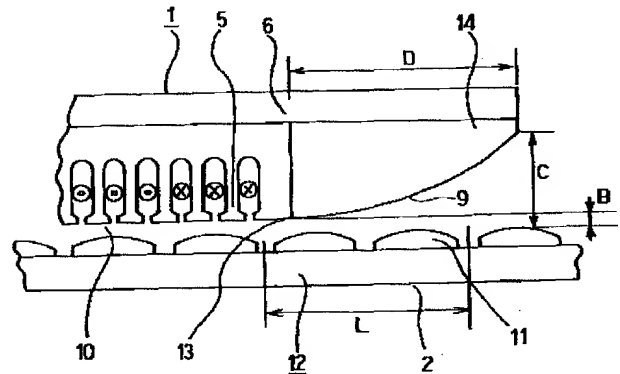
【図13】 この発明の実施の形態6に係る1次側磁極鉄心の分解側面図である。

【図14】 この発明の実施の形態6に係る1次側磁極鉄心をかしめる場合を説明する図である。

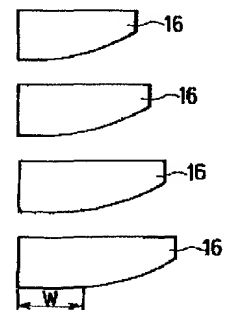
【符号の説明】

1は1次側磁極鉄心、2は2次側永久磁石、3はスロット、4はコイル、5は磁極部、5aは短鉄心片、5bは長鉄心片、7は前端、8は後端、9は湾曲部、10は空間、11は永久磁石、13は位置、14は電磁鋼板、14aは長鉄心片、14bは短鉄心片、16はスクリュー、Aは移動方向寸法、Bは空間、Cは間隔、Dは距離、Lは極対距離。

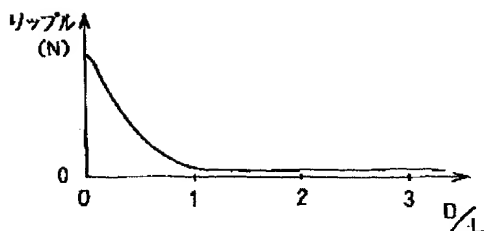
【図2】



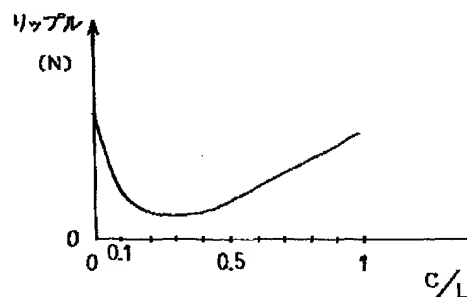
【図12】



【図3】

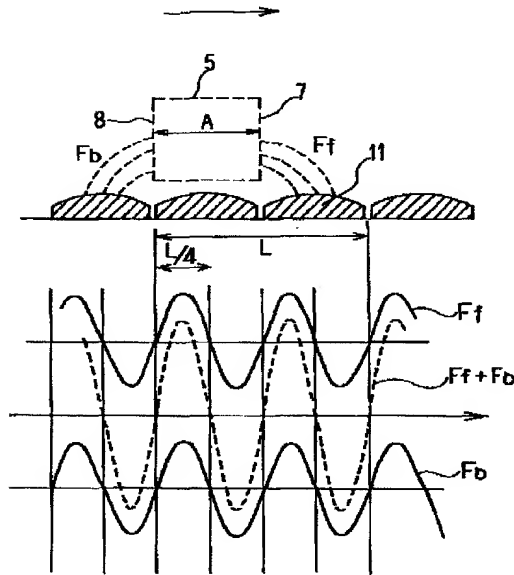


【図4】

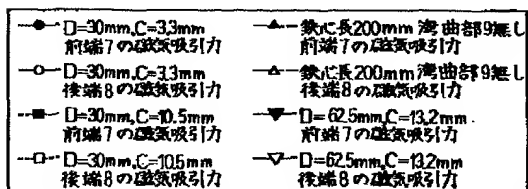
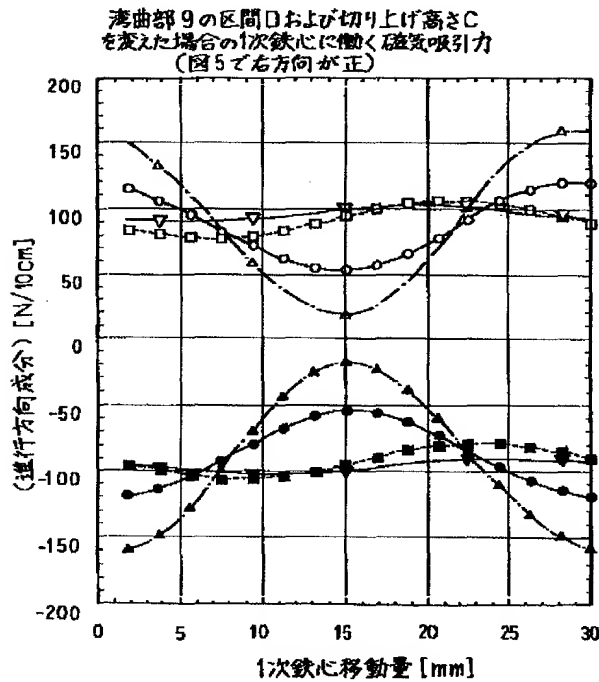




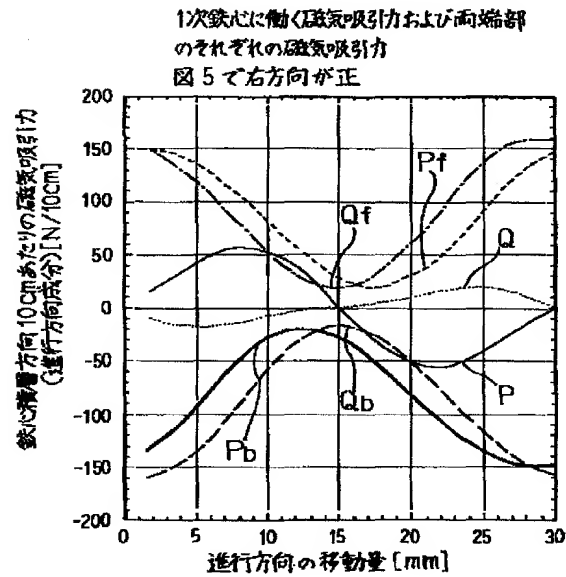
【図5】



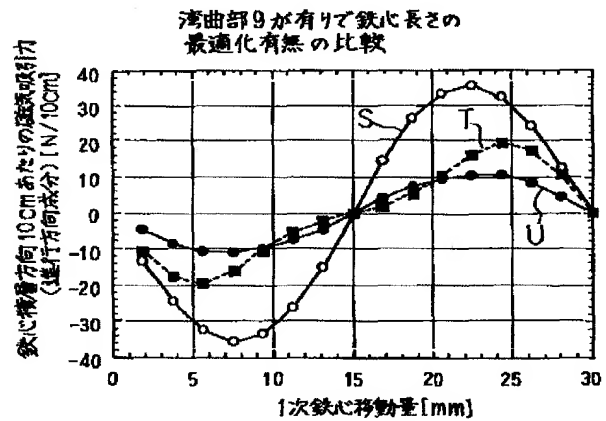
【図7】



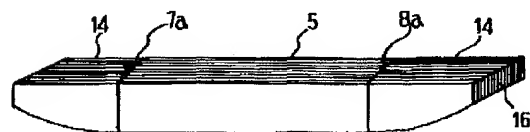
【図6】



【図8】



【図10】



【図11】

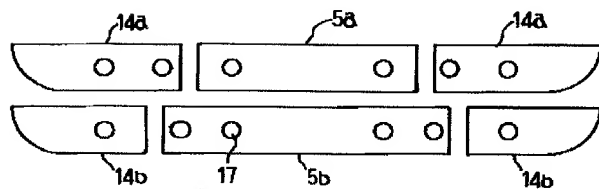




【図9】

n	D	C	補正値αによる		磁気吸引力	1次電機子全長	着磁ばらつきがある場合	
			Aの最適化	の低減効果	の小型化	場合の磁気吸引力	評価	
ア	3	30	2.7	無し	○	◎	×	△
イ	3	30	2.7	有り	◎	◎	×	△
ウ	3	30	10.5	無し	×	◎	○	×
エ	3	30	10.5	有り	◎	◎	○	◎
オ	3	62.5	10.5	無し	○	×	◎	△
カ	3	62.5	10.5	有り	◎	×	◎	○
キ	3	62.5	13.2	無し	○	×	◎	△
ク	3	62.5	13.2	有り	◎	×	◎	○

【図13】



【図14】

